

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-089943

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

G01B 21/00
B25J 9/10
B25J 13/08
G01B 21/22

(21)Application number : 08-246729

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 18.09.1996

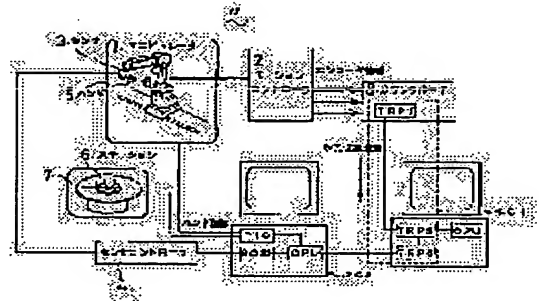
(72)Inventor : MOGI MANABU
KAKIZAKI TAKAO
MUTO NOBUHIRO
ARAKAWA KENICHI

(54) METHOD AND DEVICE FOR POSITIONING OBJECT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and device for positioning object by which the characteristic amount of an object can be detected stably in a short time and the object can be easily correlated with a reference model from the aspect of the processing quantity of information.

SOLUTION: At the time of positioning an object with a manipulator 1 equipped with a sensor 3 which measures the characteristic part of an object as a sensor characteristic amount, the movement of the manipulator 1 is monitored through a motion controller 2, a counter board 8, and personal computer PC1 and the position and posture of the object is estimated by means of another personal computer PC2 based on the movement information of the manipulator 1.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-89943

(43)公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 B 21/00

G 0 1 B 21/00

A

B

B 2 5 J 9/10

B 2 5 J 9/10

A

13/08

13/08

Z

G 0 1 B 21/22

G 0 1 B 21/22

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 12 頁)

(21)出願番号

特願平8-246729

(22)出願日

平成8年(1996) 9月18日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 茂木 学

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72)発明者 柿崎 隆夫

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72)発明者 武藤 伸洋

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 菅 隆彦

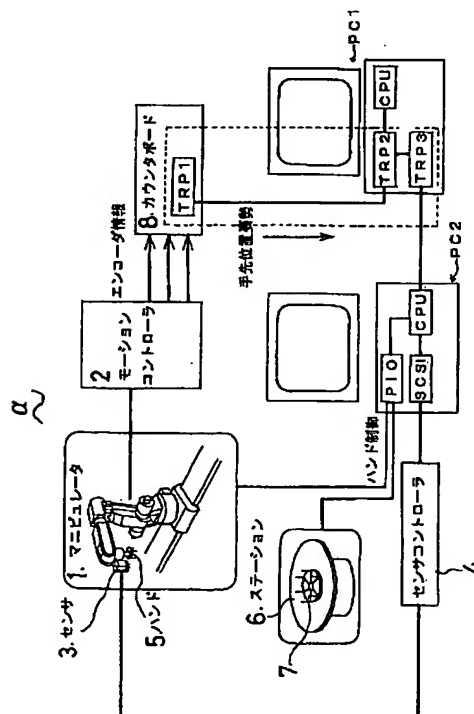
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体位置決め方法及び装置

(57)【要約】

【課題】短時間で安定的に物体の特徴量の検出ができ、情報処理量の面から参照モデルとの対応付けが容易な物体位置決め方法及び装置を提供する。

【解決手段】物体の特徴部位をセンサ特徴量として計測するセンサ3を搭載したマニピュレータ1にて物体の位置決めを行うに当り、マニピュレータ1の運動をモーションコントローラ2、カウンタボード8、パソコンPC1を介してモニタし、センサ3による計測結果とマニピュレータ1の運動情報に基づいてパソコンPC2にて物体の位置姿勢を推定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】物体の特徴部位をセンサ特徴量として計測するセンサを搭載したマニピュレータにて当該物体の位置決めを行うに当り、

前記センサによる計測結果と前記マニピュレータの運動情報に基づいて前記物体の位置姿勢を推定する、ことを特徴とする物体位置決め方法。

【請求項 2】前記センサ特徴量は、前記センサにより計測データとして得られた偏向点列のデータを情報処理することにより認識する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 3】前記センサ特徴量は、前記偏向点列データに依存したセンサ特徴量の確からしさを表わすセンサ特徴量信頼度を付与される、ことを特徴とする請求項 2 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 4】前記センサ特徴量は、前記物体のエッジの屈曲点により認識される、ことを特徴とする請求項 1、2 又は 3 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 5】前記物体のエッジの屈曲点は、物体の端点を特定する、ことを特徴とする請求項 4 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 6】前記物体の端点の特定は、前記センサと前記マニピュレータとを統合操作することにより、前記センサにて連続して検出可能である前記センサ特徴量が検出不能となった点、或は前記センサにて検出不能であった前記センサ特徴量が検出可能となった点とする、ことを特徴とする請求項 5 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 7】前記センサ特徴量信頼度は、前記マニピュレータの運動情報に基づいて、前記物体の端点の特定の確からしさを表す第 1 の信頼度として算出される、ことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 8】前記第 1 の信頼度は、前記マニピュレータの移動速度に依存する、ことを特徴とする請求項 7 に記載の

【請求項 9】前記センサ特徴量信頼度は、特定された前記物体の複数の端点と、当該端点と同数の対応関係が既知である所定の基準点との写像関係を利用して、計測した物体の縮尺変数を求めて、当該縮尺変数の値により当該物体の位置姿勢推定の確からしさを表す第 2 の信頼度として算出される、ことを特徴とする請求項 6、7 又は 8 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 10】前記写像関係は、回転、並進、縮尺を表す各変数によって規定される、ことを特徴とする請求項 9 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 11】前記第 2 の信頼度は、最少二乗推定における残差に基づいて算出する、ことを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 12】前記基準点は、予めモデル物体を基準位置で固定して置き、前記物体の端点と同様に、前記マニピュレータの運動情報と前記センサによる計測結果にて前記モデル物体の端点として求める、

10 ことを特徴とする請求項 9、10 又は 11 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 13】前記第 2 の信頼度は、前記物体を加エロボットにて加工するに当り、当該加工ロボットの前記物体に対するアプローチ距離およびアプローチ速度の決定に利用する、ことを特徴とする請求項 9、10、11 又は 12 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 14】前記センサは、レーザレンジセンサである、ことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 又は 13 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 15】前記マニピュレータの運動情報は、各関節のエンコード情報を各関節角情報に変換し、演算処理して得た前記マニピュレータ手先位置姿勢情報である、ことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13 又は 14 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 16】前記センサ特徴量は、前記センサにより得られたセンサ座標系表現を前記マニピュレータ手先位置姿勢情報により絶対座標系に変換されて算出される、ことを特徴とする請求項 15 に記載の物体位置決め方法。

【請求項 17】物体の特徴部位をセンサ特徴量として計測するセンサと、当該センサを搭載したマニピュレータと、当該マニピュレータの先端に装着され、前記物体を把持するハンドと、

40 前記センサによる計測結果と前記マニピュレータの運動情報に基づいて前記物体の位置姿勢を推定する計算機と、を備えた、ことを特徴とする物体位置決め装置。

【請求項 18】前記計算機は、前記センサと前記マニピュレータとを統合操作することにより、前記センサにて連続して検出可能である前記センサ特徴量が検出不能となった点、或は前記センサにて検出不能であった前記センサ特徴量が検出可能となった点を前記物体の端点として特定し、前記物体の位置姿勢を推定する演算機能を有する、

ことを特徴とする請求項 17 に記載の物体位置決め装置。

【請求項 19】前記計算機は、
前記マニピュレータの運動情報に基づいて、前記物体の端点の特定の確からしさを表す第 1 の信頼度を算出する機能を有する、
ことを特徴とする請求項 17 又は 18 に記載の物体位置決め装置。

【請求項 20】前記計算機は、
特定された前記物体の複数の端点と、当該端点と同数の 10
対応関係が既知である所定の基準点との写像関係を利用して、計測した物体の縮尺変数を求めて、当該縮尺変数の値により当該物体の位置姿勢推定の確からしさを表す第 2 の信頼度を算出する機能を有する、
ことを特徴とする請求項 17、18 又は 19 に記載の物体位置決め装置。

【請求項 21】前記センサは、
レーザーレンジセンサである、
ことを特徴とする請求項 17、18、19 又は 20 に記載の物体位置決め装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、F A (factory automation) 分野における加工や組立などで重要となる物体の位置姿勢を推定する物体の位置決め方法及び装置に係り、特に物体の位置姿勢推定値を算出するとともにその値の確からしさを表わす信頼度をも同時に算出する物体位置決め方法及びそれを実施するための装置に関する。

【0002】

【従来の技術】今日の製造業界における加工や組立作業の現場では、ロボットシステムによる自動化が進んでいる。しかし、このようなロボットシステムの多くは外界センサを持たないいわゆる教示再生型ロボットである。したがって、作業対象である物体の位置ずれに脆弱であり、ずれが大きい場合には十分な作業品質が得られないという問題が生じる。

【0003】かかる問題を解決するため、近年のロボットシステムには、センサにて物体を直接計測し、当該物体の位置あるいは位置姿勢を決めるためのセンシング技術の導入が試みられている。特に、2 次元視覚システムによる物体の位置決めについてはかなりのレベルまで技術が成熟し、コストパフォーマンスの高い製品が提供されている。しかし、3 次元物体の位置姿勢を高精度に求めることは今日でもかなり困難な課題を含み、様々な角度から研究開発が進められている。

【0004】ところで、3 次元物体の位置姿勢の推定に関する従来技術では、センサによる物体計測とそれを用いた物体特徴の認識、さらにその結果を用いた位置姿勢の推定が基本要素になる。このうちセンサによる計測法

には能動法と受動法とがあるが、能動法が多用されている。

【0005】この能動法は、計測の対象物体に電磁波を照射しその反射を測定することにより距離を計測するもので、レーザー光を用いた光投影法に基づく手法が主流である。現状では計測環境や計測対象に制限はあるが、計測目的に応じて計測原理を選択すれば高速・高精度計測が可能となり、コスト的に有利であり、しかも対象の密な距離画像が取得できるなどの利点があつて、実用レベルのものも出ている。

【0006】しかし、限られた視野しか持たないセンサにて対象物体の全距離画像を一度に取得することは一般的に困難なことから、ロボット等に搭載したセンサにより物体の所定箇所の距離画像を逐次計測処理するアクティブビジョン方式が有力な方法とされている。いずれにしても物体の距離画像を得ることができれば、次はその情報から物体のエッジや平面などの特徴を認識し、それと予め計算機内に作成しておいた参照モデルとのマッチングをとることにより物体の位置姿勢を推定することになる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、3 次元物体の位置姿勢の推定に関する従来技術には次のような問題がある。まず、特殊な用途のものを除けば現在実用化されている産業用センサの視野はたかだか幅数十 mm である。したがって物体をカバーする十分な量の距離画像を取得するためにはセンサによる計測動作に多大な時間を費やす必要があるという問題である。

【0008】次に、センシングして得た画像情報から物体の平面やエッジなどの特徴量を抽出することになるが、物体のエッジには一般的に傷や汚れなどが存在することから、安定的にエッジを検出することができない場合があるという問題である。特に、かかる場合には、参照モデルの特徴量との対応付けを困難にし、それを補うための情報処理には大きな負荷がかかるという問題が生じる。

【0009】続いて、物体のエッジなどが抽出された後、今度はそれらを参照モデルの特徴量と対応付けし、さらに物体の位置姿勢変化を表す運動パラメータを算出して、物体の位置姿勢を推定する必要がある。しかし、従来技術ではその推定結果の確からしさを提示しないため、推定結果を受けた後工程での作業や処理に十分な信頼性が得られないという問題が生じる。

【0010】ここにおいて本発明の解決すべき主要な目的は、次の通りである。本発明の第 1 の目的は、短時間で安定的に物体の特徴量の検出ができ、参照モデルとの対応付けが容易な物体位置決め方法及びこれを実施するための装置を提供せんとするものである。

【0011】本発明の第 2 の目的は、物体の特徴量を用いた位置姿勢の推定結果の信頼性を提示することによ

り、後工程での作業や処理に十分な信頼性を与える物体位置決め方法及びこれを実施するための装置を提供せんとするものである。

【0012】本発明のその他の目的は、明細書、図面、特に特許請求の範囲の各請求項の記載から自ずと明らかとなる。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、マニピュレータに搭載したセンサによる計測結果と当該マニピュレータの運動情報に基づいて物体の特徴部位をセンサ特徴量として計測し、物体の位置姿勢を推定する。よって、短時間で安定的に物体の特徴量の検出ができ、参照モデルとの対応付けが容易となる。さらに具体的詳細に述べると、当該課題の解決では、本発明が次に列挙するそれぞれの新規な特徴的構成手法または手段を採用することにより、前記目的を達成する。

【0014】すなわち、本発明方法の第1の特徴は、物体の特徴部位をセンサ特徴量として計測するセンサを搭載したマニピュレータにて当該物体の位置決めを行うに当り、前記センサによる計測結果と前記マニピュレータの運動情報に基づいて前記物体の位置姿勢を推定してなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0015】本発明方法の第2の特徴は、前記本発明方法の第1の特徴における前記センサ特徴量が、前記センサにより計測データとして得られた偏向点列のデータ情報処理することにより認識してなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0016】本発明方法の第3の特徴は、前記本発明方法の第2の特徴における前記センサ特徴量が、前記偏向点列データに依存したセンサ特徴量の確からしさを表わすセンサ特徴量信頼度を付与されてなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0017】本発明方法の第4の特徴は、前記本発明方法の第1、第2又は第3の特徴における前記センサ特徴量が、前記物体のエッジの屈曲点により認識されてなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0018】本発明方法の第5の特徴は、前記本発明方法の第4の特徴における前記物体のエッジの屈曲点が、物体の端点を特定してなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0019】本発明方法の第6の特徴は、前記本発明方法の第5の特徴における前記物体の端点の特定が、前記センサと前記マニピュレータとを統合操作することにより、前記センサにて連続して検出可能である前記センサ特徴量が検出不能となった点、或は前記センサにて検出不能であった前記センサ特徴量が検出可能となった点としてなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0020】本発明方法の第7の特徴は、前記本発明方法の第5又は6の特徴における前記センサ特徴量信頼度が、前記マニピュレータの運動情報に基づいて、前記物

体の端点の特定の確からしさを表す第1の信頼度として算出されてなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0021】本発明方法の第8の特徴は、前記本発明方法の第7の特徴における前記第1の信頼度が、前記マニピュレータの移動速度に依存してなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0022】本発明方法の第9の特徴は、前記本発明方法の第6、第7又は第8の特徴における前記センサ特徴量信頼度が、特定された前記物体の複数の端点と、当該端点と同数の対応関係が既知である所定の基準点との写像関係を利用して、計測した物体の縮尺変数を求めて、当該縮尺変数の値により当該物体の位置姿勢推定の確からしさを表わす第2の信頼度として算出されてなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0023】本発明方法の第10の特徴は、前記本発明方法の第9の特徴における前記写像関係が、回転、並進、縮尺を表す各変数によって規定されてなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0024】本発明方法の第11の特徴は、前記本発明方法の第9又は第10の特徴における前記第2の信頼度が、最少二乗推定における残差に基づいて算出してなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0025】本発明方法の第12の特徴は、前記本発明方法の第9、第10又は第11の特徴における前記基準点が、予めモデル物体を基準位置で固定して置き、前記物体の端点と同様に、前記マニピュレータの運動情報と前記センサによる計測結果にて前記モデル物体の端点として求めてなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0026】本発明方法の第13の特徴は、前記本発明方法の第9、第10、第11又は第12の特徴における前記第2の信頼度が、前記物体を加工ロボットにて加工するに当り、当該加工ロボットの前記物体に対するアプローチ距離およびアプローチ速度の決定に利用してなる物体位置決め方法にある。

【0027】本発明方法の第14の特徴は、前記本発明方法の第1、第2、第3、第4、第5、第6、第7、第8、第9、第10、第11、第12又は第13の特徴における前記センサが、レーザーレンジセンサである物体位置決め方法の構成採用にある。

【0028】本発明方法の第15の特徴は、前記本発明方法の第1、第2、第3、第4、第5、第6、第7、第8、第9、第10、第11、第12、第13又は第14の特徴における前記マニピュレータの運動情報が、各関節のエンコード情報を各関節角情報に変換し、演算処理して得た前記マニピュレータ手先位置姿勢情報である物体位置決め方法の構成採用にある。

【0029】本発明方法の第16の特徴は、前記本発明方法の第15の特徴における前記センサ特徴量が、前記センサにより得られたセンサ座標系表現を前記マニピュレータ手先位置姿勢情報により絶対座標系に変換されて

算出されてなる物体位置決め方法の構成採用にある。

【0030】本発明装置の第1の特徴は、物体の特徴部位をセンサ特徴量として計測するセンサと、当該センサを搭載したマニピュレータと、当該マニピュレータの先端に装着され、前記物体を把持するハンドと、前記センサによる計測結果と前記マニピュレータの運動情報に基づいて前記物体の位置姿勢を推定する計算機と、を備えてなる物体位置決め装置の構成採用にある。

【0031】本発明装置の第2の特徴は、前記本発明装置の第1の特徴における前記計算機が、前記センサと前記マニピュレータとを統合操作することにより、前記センサにて連続して検出可能である前記センサ特徴量が検出不能となった点、或は前記センサにて検出不能であった前記センサ特徴量が検出可能となった点を前記物体の端点として特定し、前記物体の位置姿勢を推定する演算機能を有してなる物体位置決め装置の構成採用にある。

【0032】本発明装置の第3の特徴は、前記本発明装置の第1又は第2の特徴における前記計算機が、前記マニピュレータの運動情報に基づいて、前記物体の端点の特定の確からしさを表す第1の信頼度を算出する機能を有してなる物体位置決め装置の構成採用にある。

【0033】本発明装置の第4の特徴は、前記本発明装置の第1、第2又は第3の特徴における前記計算機が、特定された前記物体の複数の端点と、当該端点と同数の対応関係が既知である所定の基準点との写像関係を利用して、計測した物体の縮尺変数を求めて、当該縮尺変数の値により当該物体の位置姿勢推定の確からしさを表す第2の信頼度を算出する機能を有してなる物体位置決め装置の構成採用にある。

【0034】本発明装置の第5の特徴は、前記本発明装置の第1、第2、第3又は第4の特徴における前記センサが、レーザーレンジセンサである物体位置決め装置の*

*構成採用にある。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を、その装置例、方法例及び応用例に基づいて説明する。

【0036】（装置例）図1は本発明に係る装置例の物体位置決め装置αの構成を示す。同図に示す通り、本装置例の物体位置決め装置αは、マニピュレータ1、モーションコントローラ2、マニピュレータ1に搭載された1個のセンサ3、センサコントローラ4、マニピュレータ1に搭載された1個の空気圧制御多指のハンド5、ワークWを設置するための1台の作業用のステーション6、ステーション6上にワークWを固定するための空気圧制御多指のハンド7、カウンタボード8、マニピュレータ1の運動情報をモニタするパソコンPC1、空気圧制御多指のハンド5、7の開閉やセンサコントローラ4に指令を出すパソコンPC2から構成される。

【0037】マニピュレータ1は、6自由度を持ち、モーションコントローラ2にて制御される。モーションコントローラ2には、予め基準位置に置かれたワークWの特徴部分をセンサ3にて検出する教示データが与えられている。

【0038】センサ3は、光切断型レーザーレンジセンサであって、レーザービームを一定範囲に偏向照射してワークWからの反射光を受光して三角測量の原理でワークWとの間の拡がり方向と奥行き方向の2自由度の距離を計測する。ワークWのエッジ部分にセンサ3が位置した場合、計測データは偏向点列Dのデータとして得られ、それをセンサコントローラ4で情報処理することにより物体のエッジの屈曲点をセンサ特徴量として認識する。

【0039】

【外1】

検出されたセンサ特徴量には、偏向点列Dのデー

タに依存した、センサ特徴量の確からしさを表わす

センサ特徴量信頼度 $r_s(0 \leq r_s \leq 1)$ が付与される。

空気圧多指のハンド5、7は、6本のピンを円周上に配置し、それを一定の空気圧でコンプライアンスにワークWを把持できるものである。ハンド5、7は、マニピュレータ1の他にステーション6にも取付けられ、ワークWを固定する汎用治具として利用される。

【0040】（方法例）次に、前記物体位置決め装置αを使用した物体位置決め方法の方法例を、その概要説明と詳細説明に分けて述べる。

【0041】【概要説明】先ず、教示データに基づいてモーションコントローラ2がマニピュレータ1を動作させる。すると、カウンタボード8では、マニピュレータ1の内界センサからのエンコーダ情報を関節角度情報に変換し、トランスピュータTRP1によりロボット手先

位置姿勢（ロボット運動情報）を計算する。

【0042】次に、ロボット運動情報は、パソコンPC1に搭載された2台のトランスピュータTRP2及びTRP3に転送される。続いて、パソコンPC2のCPUはSCSIを介してセンサコントローラ4に要求を出し、センサコントローラ4からセンサ特徴量を取得した後、パソコンPC1上のトランスピュータTRP3にロボット運動情報取得のための要求を出す。

【0043】そして、パソコンPC2にてセンサ特徴量とロボット運動情報を用いて、絶対座標で表したセンサ特徴量を算出し、ワークWの端点検出を行い、ワークWの位置決めを行う。

【0044】なお、本システムでは、マニピュレータ1

に搭載のセンサ 3 により得られたセンサ座標系表現のセンサ特徴量がロボット運動情報により絶対座標系に変換され、センサ特徴量の絶対座標が算出される。計測周期は、センサ特徴量の場合のみは約 16msec、ロボットの運動情報のみは約 32msec、センサ情報とロボット運動情報の両者を上記の方法で計測する場合には、パソコン PC2 の CPU とセンサ 3、トランスピュータ TRP1 が非同期であるために約 32msec となる。

【0045】〔詳細説明〕図 2 は物体位置決めの対象となるワーク W の一例を示したものである。ワーク W の形状は、センサ 3 による断面計測可能なエッジ E を有し、かつそのエッジ E は端点を有するものとする。産業界に見られる大部分の機械部品はこのような性状を有している。センシングによりこの端点の近傍がワーク W の端点 P_w として検出される。

【0046】図 3 はワークの特徴部分を具体的に検出する FD-LD 法について示し、図 4 は FD-LD 法を実行するためのアルゴリズムのフローを示す。ワーク W の位置姿勢を算出するに当り、何らかの方法で予め求めた基準位置に置かれたワーク W の特徴部分を参照モデルとして保持し、その参照モデルと検出したワーク W の特徴部分とを比較する必要がある。このワーク W の特徴部分を検出する手法について示す。ワーク W の特徴部分はワーク W を構成するエッジ E の端点 P_w とする。

【0047】最初に、マニピュレータ 1 は、センサ特徴量 P_s を検出しない位置にセンサ 3 を移動し、その後ワーク W のエッジ E に沿ってセンサ 3 を移動させる。

【0048】エッジ E の端点位置付近にセンサ 3 が来るとセンサ特徴量 P_s が検出され、それ以後センサ特徴量 P_s が検出され続ける。このようにセンサ特徴量 P_s が検出されない区間から、センサ特徴量 P_s が検出される区間にセンサ 3 が移動するとき、最初に検出されたセンサ特徴量 $P_{s,i}$ をワーク W の端点 $P_{w,i}$ として保持する。この方法を FD (First Detection) 法と呼ぶことにする。

【0049】また、マニピュレータ 1 を予めワーク W のエッジ E 上に位置付けておき、センサ 3 がセンサ特徴量 P_s を検出している位置から、センサ特徴量 P_s が検出されない位置まで、ワーク W のエッジ E に沿ってセンサ 3 を移動させる方法も可能である。このようにセンサ特徴量が検出される区間から、センサ特徴量が検出されない区間にセンサ 3 が移動するとき、最後に検出されたセンサ特徴量 $P_{s,k}$ をワーク W の端点 $P_{w,k}$ として保持する。この方法を LD (Last Detection) 法と呼ぶことにする。

【0050】以上説明した FD-LD 法では、センサ特徴量の検出の可否のみでワーク W の端点を認識して特定するため認識のダイナミックレンジが広く、ほとんどの物体について安定な計測が可能になるというメリットがある。

【0051】上述した FD-LD 法の実行手順は、図 4

に示すように、まず、パソコン PC2 にてセンサコントローラ 4 を介してセンサ 3 を初期化し (ST1)、センシングを行うか否か (ST2)、センサ 3 のレーザがオンか否か (ST3) 判断される。そして、センシングを行わない場合にはレーザがオフに設定され (ST4)、センシングを行う場合にはレーザがオンに設定される (ST5)。

【0052】次に、パソコン PC2 はセンサコントローラ 4 に要求を出し、センサコントローラ 4 からセンサ特徴量を取得 (ST6) した後、パソコン PC1 上にロボット運動情報取得のための要求を出し、ロボット運動情報 (同次変換行列) を取得する (ST7)。そして、パソコン PC2 にてセンサ特徴量とロボット運動情報を用いて、ワーク W の端点検出を行い (ST8)、これをモニタに描画する (ST9)。

【0053】続いて、FD-LD 法を用いたワーク W の位置決め手順を詳細に説明する。

(a)最初にステーション 6 の汎用治具である空気圧多指のハンド 7 によりワーク W が基準位置で固定されるようにし、この基準位置で固定されたワーク W に対して上記 FD-LD 法によりワーク W の端点を 3 点以上検出可能であり十分低速で移動するようにマニピュレータ 1 を教示し、得られたワーク W の端点をモデル $P_{m,i}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) として保持する。

【0054】(b)ワーク W の供給パレットは予め搬入されるものとし、マニピュレータ 1 の手先をパレットまで移動するように教示しておく。

(c)マニピュレータ 1 がパレットからワーク W を空気圧多指のハンド 5 により把持した後、ステーション 6 上までマニピュレータ 1 の手先位置が移動するように教示しておく。

【0055】(d)ステーション 6 上の汎用治具までマニピュレータ 1 の手先位置が来たら、把持したワーク W をリリースし、逆に、ステーション 6 上の空気圧多指のハンド 7 によりワーク W を固定する。この際、マニピュレータ 1 側、あるいは治具側でワーク W を把持した後でワーク W の位置ずれが起こる可能性があり、ワーク W が治具によりどのように固定されたかはこの段階では未知である。そこで、

【0056】(e)モデルを得たのと同様な教示経路でマニピュレータ 1 を移動し、FD-LD 法によりステーション 6 の汎用治具に固定されているワーク W のワーク端点 $P_{w,j}$ ($j = 1, 2, \dots, n$) を検出する。タクトタイムの制約上、この動作はある程度高速にせざるをえないので、検出されるワーク W の端点にはマニピュレータ 1 の移動速度 v に依存した検出誤差が生じる。

【0057】図 5 はワーク端点検出位置とマニピュレータ 1 の手先並進速度 v との関係を示す。図 5 のグラフから判るように、 v の増加に伴って検出した特徴点位置のばらつきが著しくなる。そこで、まず、真値のまわりで

の検出精度が速度によってのみ影響されるとして、速度 v において k 番目に検出されたワーク端点 $P_{w,k}$ の信頼度 $r_{v,k}$ を式 (1) で与える。

【0058】

【数1】

$$r_{v,k} = \frac{k_1 r_{s,k}}{\sigma_{v,k}^2} \quad (0 \leq r_{v,k} \leq 1) \quad (1)$$

【0059】

【外2】

ここで、 $r_{s,k}$ は k 番目のワーク W の端点における前述したセンサ特徴量信頼度であり、 $\sigma_{v,k}^2$ は k 番目に検出されるワーク W の端点の分散を示し、 k_1 (> 0) は信頼度係数である。

【0060】

* * 【外3】

実際には、 $v - \sigma_{v,k}^2$ の関係を十分な数の実験データによって予め得ておき、それをパラメータテーブルとして利用する。

【0061】(f)FD-LD法によればワーク W の端点がワーク内部（ロボット動作方向）に検出される傾向にある。したがってワーク端点 P_w により推定されるワークサイズは P_m より規定されるワークサイズに比して縮尺されて計測される傾向を持つ。そこで、モデル P_m とワーク端点 P_w との写像関係を縮尺スケールまで考慮して求める。回転 R 、並進 t 、縮尺 c の各変数を用いる。※

※ワーク端点信頼度の低いワーク端点の影響を小さくするために、各ワーク端点のワーク端点信頼度 $r_{v,k}$ に従って重みづけすると、モデルと現在固定されているワークとの位置ずれが以下の式で規定される。

【0062】

【数2】

$$\varepsilon^2(R, t, c) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_{v,k} \|P_{w,k} - (cRP_m + t)\|^2 \quad (2)$$

【0063】式 (2) を最小とする R 、 t 、 c により、物体の位置姿勢が決定される。（例えば、Umeyama, "Least-Squares Estimation of Transformation Parameters Between Two Point Patterns", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.13, No.4, APRIL 1991, pp376~380) 以上によって算出した R 、 t 、 c を同時変換行列 ΔT の形で示すと式 (3) となる。

【0064】

【数3】

$$\Delta T = \begin{bmatrix} cR & t \\ o & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

【0065】続いて、物体の位置姿勢推定結果について述べる。図6は物体位置姿勢推定結果のモデルと検出ワークの描画を示し、表1はワークに対するモデルの変換パラメータを示し、表2はワーク端点の計測データと推定値の関係を示す。

【0066】

【表1】

変換パラメータ

回転行列		
0.985576	0.169234	0.000438
-0.169233	0.985558	0.005926
0.000571	-0.005914	0.999982
並進ベクトル		
-58.649128	126.026215	4.300756
縮尺		
0.985099		

【0067】

40 【表2】

計測データと推定(モデル変換)値

	X	Y	Z
ワーク端点 P_w	637.2939	530.0973	122.1791
	732.0981	516.1290	120.4763
	718.9686	420.1761	122.3852
推定値 P_{mw}	637.4274	529.7166	122.1828
	732.3388	516.6390	120.4626
	718.5941	420.0468	122.3950

【0068】対象のワークWは薄板状ゴム(100×100×3)である。最初にモデル P_m を計測し、ついで約10度*

そこで、(f)により得られた最小二乗誤差 ε^2 及び

縮尺変数 c の値から、ここでは ΔT の信頼度

$r_w(0 \leq r_w \leq 1)$ を以下のように与える。

【0070】

※ ※【数4】

$$r_w = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{e^{k_2 \varepsilon^2}} + \frac{1}{e^{k_3 |1-c|}} \right) \quad (4)$$

ここで、 $k_2(>0)$ 、 $k_3(>0)$ は信頼度係数

である。

上述したように本方法例によれば、ワークWの特徴量を用いた位置姿勢の推定結果の信頼性が提示されるので、後工程での作業や処理に十分な信頼性を与えることができるという効果を奏する。

【0071】(応用例)次に本発明の応用例について説明する。図7は本発明の応用例の物体位置決め装置 α とセンサつき溶接ロボット β を組み合わせたシステムの構成を示し、図8及び図9は本システムによる作業手順を示す★

★し、図10は物体位置決め装置 α により算出された信頼度 r_w による溶接ロボット β の溶接開始点変更パラメータを示す。

【0072】物体位置決め装置 α では、先ず、前記方法例の手法にて、基準位置に置かれたワークWの端点 P_m をモデルデータとして与える(S1)。

【0073】

【外5】

次にセンシングにて位置ずれや一部欠けのある

ワークWのワーク端点 P_w を検出し(S2)、

$P_m = \Delta T P_w$ となる ΔT およびその信頼度 r_w を算出す

る(S3)。

【0074】溶接ロボット β では、予め基準位置に置かれたワークWに対して溶接開始点Oが教示され、当該教示データを保持する(S4)。そして、算出された物体の位置姿勢推定値により、溶接開始点の推定を行う。このとき、ワークWに一部欠けがあるような場合には誤つ☆

40 ☆た溶接開始点が推定され、最悪の場合、溶接ロボット β の手先とワークが干渉する。

【0075】

【外6】

そこで、溶接ロボット β では、物体位置決め装置 α が算出したワークの位置姿勢 ΔT を \sum_T 座標系に変換(ΔT_T)する(S5)。

【0076】

【外7】

*ワークWを回転させてワーク端点 P_w を計測し、両者から ΔT を算出する。ここでは両者ともマニピュレータの手先速度は十分低速とした。ワーク端点 P_w と、モデル P_m に ΔT を作用させた形状推定値 P_{mw} とは本来一致すべきである。実験結果によれば P_w と P_{mw} とのそれぞれ対応する値はほぼ一致している。したがって、 ΔT が適切に算出されたことが確認できる。しかし、センシングには一般に誤差が伴うことから、算出された ΔT も不確実性を考慮する必要がある。

10 【0069】(g)実際の作業においては、ワークWの端点の欠けやエッジの傷、汚れなどにより、ワークWの位置姿勢 ΔT が不確実性をもつケースがある。

【外4】

続いて、溶接ロボット β は、 ΔT_f に基づいて溶接開始点を修正するとともに、物体位置決め装置 α が算出した物体位置姿勢推定値の信頼度 r_w を用いて、推定された溶接開始点にどの地点から近付くかを示すアプローチ距離 l_w 、および推定された溶接開始点に近付く速度を示すアプローチ速度 v_w を決定し（図 8）、これらに応じてセンサ 3 により溶接開始点を探索する（S 6）。

【0077】このように、物体位置決め装置 α が物体の位置姿勢推定値およびその信頼度を算出することによって、溶接ロボット β の手先とワーク W との干渉を防ぎ、なおかつ、高効率高信頼に溶接開始点 O を発見することが可能となる。

【0078】以上本発明の代表的な装置例、方法例及び応用例について説明したが、本発明は必ずしも当該装置例の手段及び当該方法例の手法等だけに限定されるものではない。本発明の目的を達成し、後述する効果を有する範囲内において適宜変更して実施することができるものである。

【0079】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、マニピュレータに搭載したセンサによる計測結果と当該マニピュレータの運動情報に基づいて物体の特徴部位をセンサ特徴量として計測し、物体の位置姿勢を推定するので、短時間で安定的に物体の特徴量の検出ができ、情報処理量の面から参照モデルとの対応付けが容易になるという効果を奏する。

【0080】また、物体の特徴量を用いた位置姿勢の推定結果の信頼性を提示する手法を取り入れた場合には、後工程での作業や処理に十分な信頼性を与えることができるので、高効率高信頼な作業が可能になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る装置例の物体位置決め装置 α の構成を示すブロック図である。

【図 2】一般的なワーク W の形状を説明するための説明図である。

【図 3】ワークの特徴部分を検出する FD-LD 法を説明するための図である。

【図 4】FD-LD 法を実行するためのアルゴリズムを示したフローチャートである。

【図 5】ワーク端点検出位置とマニピュレータの手先並進速度 v との関係を示したグラフである。

【図 6】物体位置姿勢推定結果のモデルと検出ワークの描画を示した図である。

【図 7】本発明の応用例の物体位置決め装置 α とセンサつき溶接ロボット β を組み合わせたシステムの構成を示す図である。

【図 8】同上のシステムによる作業手順 S 1、S 2、S 3 を示した図である。

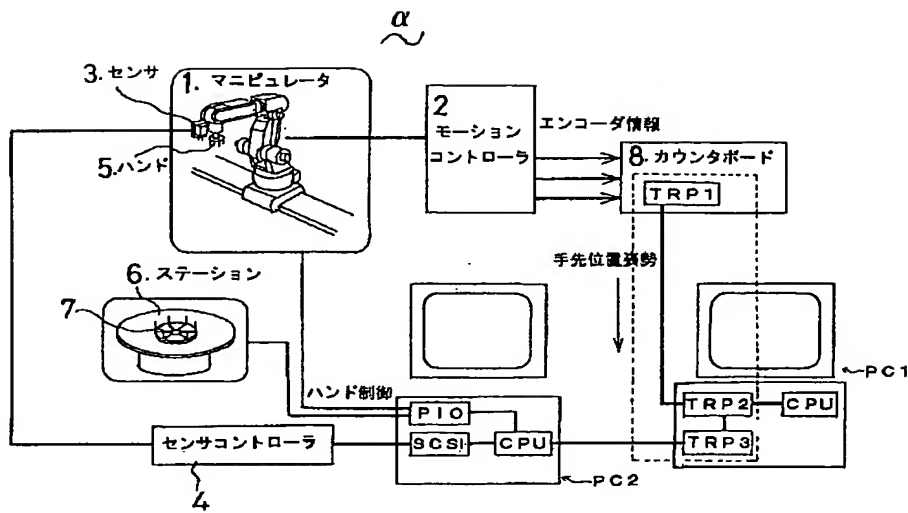
【図 9】同上のシステムによる作業手順 S 4、S 5、S 6 を示した図である。

【図 10】物体位置決め装置 α により算出された信頼度 r_w による溶接ロボット β の溶接開始点変更パラメータを示すグラフであって、(i) は溶接ロボット β のアプローチ速度と物体位置決めの信頼度との関係を示し、(ii) は溶接ロボット β のアプローチ距離と物体位置決めの信頼度との関係を示す。

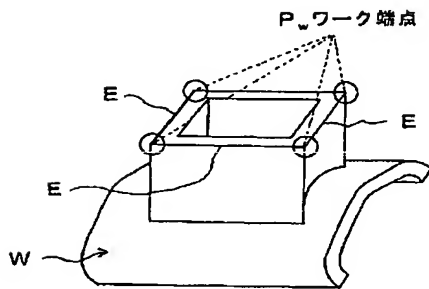
【符号の説明】

- 1…マニピュレータ
- 2…モーションコントローラ
- 3…センサ
- 4…センサコントローラ
- 5、7…ハンド
- 6…ステーション
- 8…カウンタボード
- α …物体位置決め装置
- β …溶接ロボット
- D…偏向点列
- E…エッジ
- W…ワーク
- P_w …端点（ワーク端点）
- PC 1、PC 2…パソコン
- TRP 1、TRP 2、TRP 3…トランスピュータ

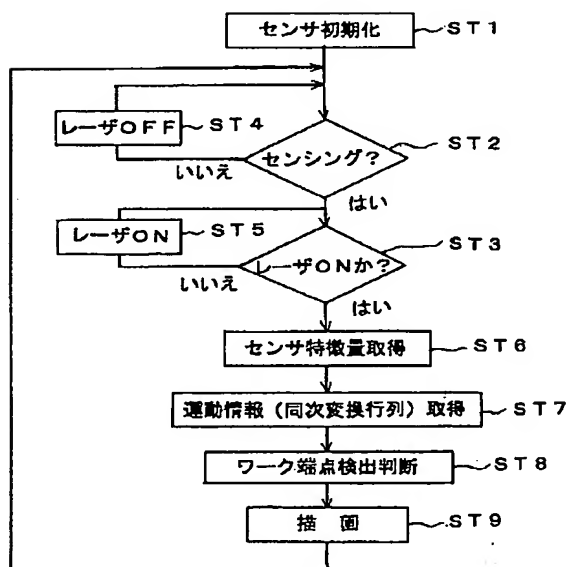
【図1】



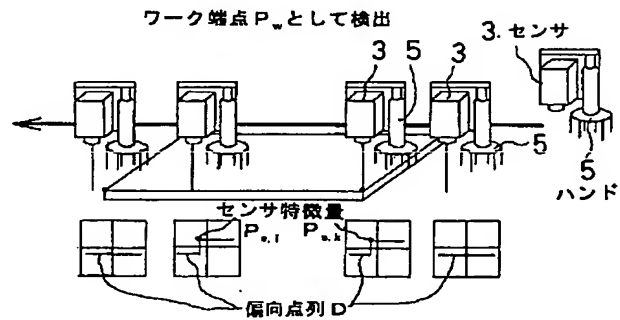
【図2】



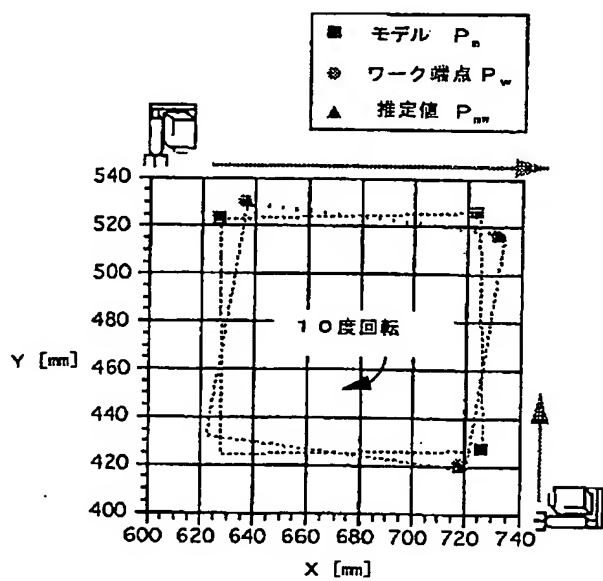
【図4】



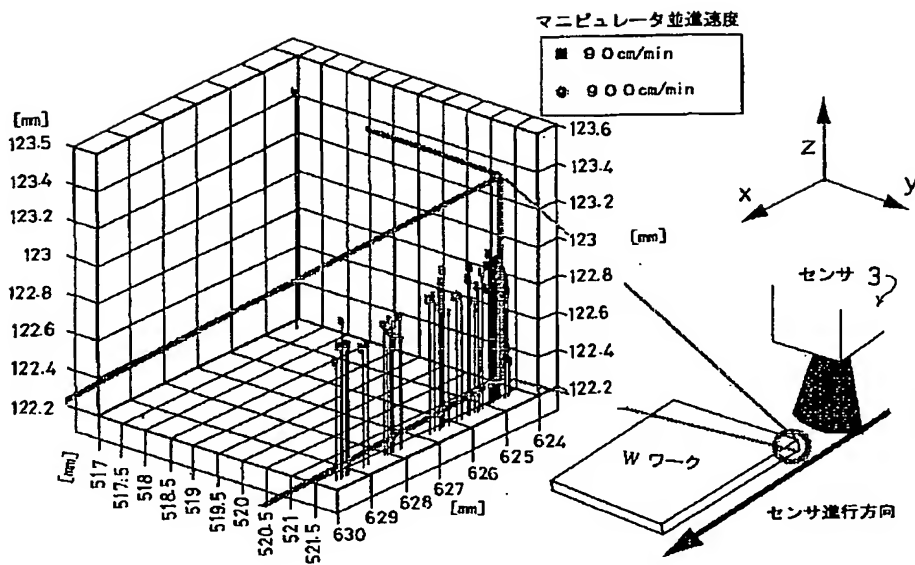
【図3】



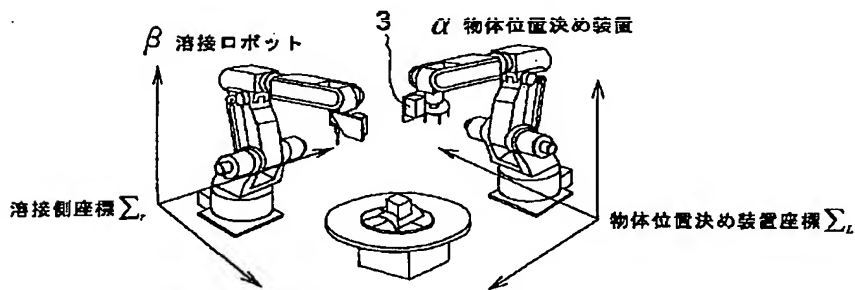
【図6】



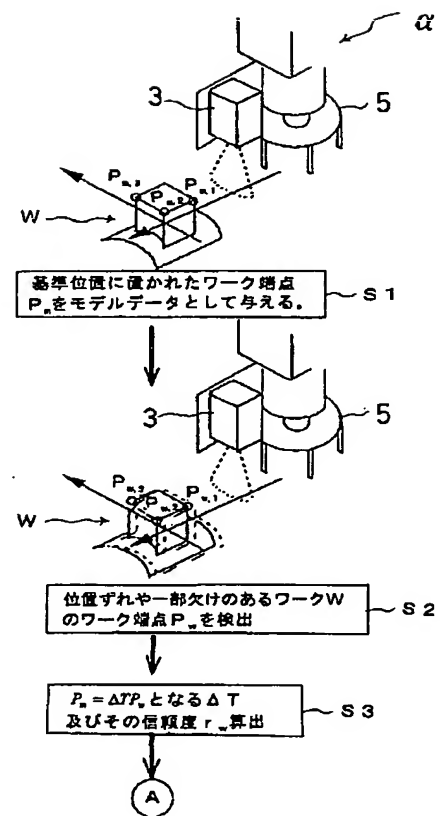
【図5】



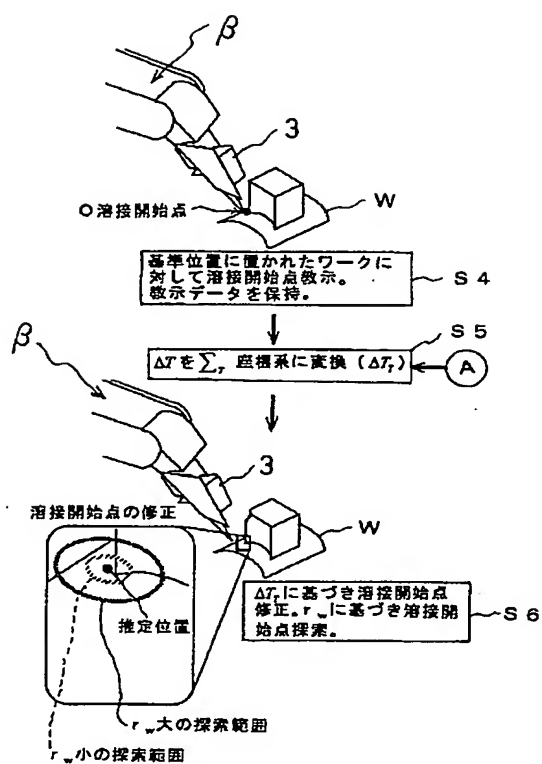
【図7】



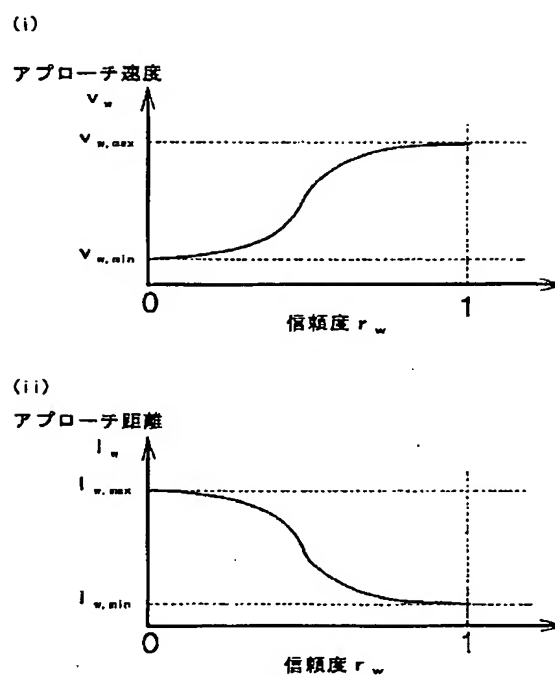
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 荒川 賢一

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内